

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Hasil penelitian dari Sasi Kirono, Ery diniardi, Anwar Ilmar Ramadhan dan Agung Julianto (2014) tentang analisa kekerasan dan laju keausan blok silinder mesin sepeda motor berbahan paduan Al-Si bahwa hasil pengujian kekerasan Brinell dan keausan (ogoshi) di dapat nilai rata-rata kekerasan sebesar 151.5 HB dan  $1,2134729 \times 10^{-6} \text{ mm}^3/\text{mm}$ . Tingginya nilai kekerasan dikarenakan proses perlakuan panas di daerah dinding liner silinder yang menghasilkan presipitat yang cukup banyak sehingga bertindak sebagai penghalang dislokasi. Diketahui pula bahwa jarak terdekat dari dinding liner mempunyai kekerasan lebih dibanding dengan jarak terjauh dari dinding liner blok. Hal ini dimaksudkan agar daerah sekitar dinding liner blok Al-Si mempunyai ketahanan keausan yang tinggi, dan daerah terjauh dari dinding liner blok Al-Si dapat membantu melepas panas lebih cepat.

Hasil penelitian dari Suherman dan Syahputra (2014) tentang pengaruh penambahan Cu dan *solution treatment* terhadap sifat mekanis dan struktur mikro pada aluminium paduan A356. pengecoran *prototype* kepala silinder (*head cylinder*) menggunakan metode pengecoran LFC (*last foam casting*). Penambahan Cu kedalam paduan Al-7Si tidak mempengaruhi hasil akhir dari benda cor *prototype* kepala silinder sepeda motor 2 tak dengan metode LFC (*last foam casting*). Dari hasil beberapa percobaan didapatkan beberapa parameter yang

mempengaruhi keberhasilan dalam pembuatan prototipe kepala silinder sepeda motor 2 tak adalah ukuran pasir silika, proses penuangan dan temperatur tuang. Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan yaitu Penambahan Cu pada paduan aluminium A356 tidak signifikan mempengaruhi hasil benda coran *prototype head cylinder* sepeda motor 2 tak yang dibuat dengan metode pengecoran LFC (*last foam casting*).

Dian Sabit Purnomo (2015) meneliti tentang studi komparasi karakteristik piston sepeda motor 4 tak dan 2 tak menghasilkan kesimpulan yaitu piston sepeda motor 4 tak baru komposisi Al mencapai 84.47% sedangkan untuk Si 13.4% dengan demikian piston sepeda motor 4 tak baru termasuk dalam *hypereutectic*. Struktur mikro dari piston sepeda motor 4 tak sendiri terlihat aluminium lebih dominan dibanding unsur silikon. Unsur silikon disini memanjang seperti jarum, ini dikarenakan penambahan unsur Fe. Piston sepeda motor 4 tak yang bekas Al mengalami kenaikan sedangkan Si mengalami penurunan, ini dimungkinkan piston bekas sudah mengalami perlakuan selama bekerja didalam mesin. Struktur mikro dari piston bekas 4 tak warna terang lebih dominan dibandingkan warna gelap dimana warna terang merupakan aluminium dan warna gelap merupakan paduan lain didominasi silikon.

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Blok Silinder**

Material baja campuran besi dan aluminium telah menjadi bahan istimewa yang dipakai untuk memproduksi blok mesin diesel dan konvensional bertenaga bensin. Akan tetapi, dengan lebih menekankan pada peningkatan efisiensi melalui

pengurangan berat, pengusaha mulai mencari bahan campuran alternative yang lebih ringan daripada baja campuran besi dan aluminium, namun tetap memiliki kemampuan untuk menahan tenaga yang dihasilkan mesin. Baru-baru ini, proses produksi baru telah melakukan pengembangan yang telah melahirkan dua jenis logam campuran baru yang cocok untuk digunakan sebagai blok mesin, logam campuran magnesium AMC-SC1 dan grafit baja yang dipadatkan (CGI). Mesin pembakaran bagian dalam yang pertama kali sukses bekerja dibuat oleh Siegfried Marcus kurang lebih pada tahun 1864.



Gambar 2.1 Blok Silinder

Mesin itu terdiri dari silinder tunggal, mesin dua langkah berbahan bakar minyak bumi yang juga menggunakan sebuah karburator untuk mengantarkan bahan bakar ke mesin. Mesin tersebut dipasang di sebuah kereta dengan empat roda dan secara sukses berjalan dengan tenaga yang dihasilkan. Marcus tidak

hanya menghasilkan mesin pertama yang menjadi leluhur dari mesin hari ini, tetapi beliau juga membuat mobil pertama dalam sejarah, 20 tahun lebih awal sebelum mobil Gottlieb Daimler. Mesin sekarang adalah komponen terpenting untuk melengkapi mobil yang terbuat dari banyak susunan dan jauh lebih rumit daripada mesin otomotif dahulu. Inovasi teknologi seperti electronic fuel injection, drive-by-wire throttles (dengan kata lain, dikendalikan computer), dan penonaktifan silinder telah membuat mesin lebih efisien dan bertenaga.

Penggunaan bahan teknik yang lebih ringan dan kuat untuk memproduksi berbagai macam komponen mesin juga memberikan dampak. hal ini memberikan kesempatan para teknisi untuk meningkatkan rasio *power-to-weight* dari mesin. Komponen-komponen biasa ditemukan pada mesin diantaranya piston, camshaft, timing chain, rocker arm, dan berbagai jenis lainnya. Pada saat semua komponen dibuka seluruhnya, bagian inti mesin dapat dilihat blok silinder. Blok silinder (atau biasa disebut blok mesin) adalah komponen terkuat pada mesin yang memuat ratusan bagian-mesin ditemukan pada mesin modern. Karena ukurannya yang relative besar, blok mesin merupakan 20-25% dari total berat sebuah mesin. Sehingga ada banyak ketertarikan dalam mengurangi berat blok. Sebelumnya blok mesin terbuat dari coran besi campuran dikarenakan daya tahan dan biayanya yang murah. Akan tetapi, seiring kompleksnya design mesin, bobot mesin (dan kendaraan) menjadi bertambah. Konsekuensinya, para pengusaha manufaktur ingin menggunakan campuran yang lebih ringan namun sekuat besi campuran. Salah satu material yang digunakan adalah campuran aluminium. Pada tahun 1930 campuran aluminium jarang digunakan (dikarenakan masalah daya tahan),

selanjutnya pada tahun 1960-1790 penggunaan campuran aluminium tersebut digunakan pada blok mesin melonjak karena dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan performa mesin. Kedua material ini digunakan secara eksklusif untuk pabrikasi blok mesin. Akhir-akhir ini, proses material baru telah membuat campuran magnesium dan mempersembahkan alternatif baru pada pembuatan mesin. Proses produksi baru ini telah membuat grafit besi padatan (CGI, Compacted Graphite cast Iron) sebagai alternatif dari besi coran bagi pembuatan blok mesin diesel. Seperti halnya campuran magnesium, material-material ini menjanjikan daya tahan lebih dengan bobot lebih ringan dari campuran besi perak.

### **2.2.2 Aluminium**

Aluminium ditemukan oleh Sir Humphery Davy pada tahun 1809 sebagai suatu unsur, dan pertama kali direduksi sebagai logam oleh H. C. Oersted di tahun 1825. Secara industri tahun 1886, Paul Heroult di Perancis dan C. M. Hall di Amerika Serikat secara terpisah telah memperoleh logam aluminium dari Alumina dengan cara elektrolisa dari geramnya yang terfusi. Sampai sekarang proses Heroult Hall masih dipakai untuk memproduksi aluminium. Penggunaan aluminium sebagai logam setiap tahunnya adalah pada urutan kedua setelah besi dan baja, yang tertinggal diantara logam *non ferro*. Produksi aluminium tahunan di dunia mencapai 15 juta ton per tahun pada tahun 1981.

Paduan aluminium dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu aluminium *wrought alloy* (lembaran) dan aluminium *casting alloy* (batang cor). Aluminium (99,99%) memiliki berat jenis sebesar 2,7 g/cm<sup>3</sup>, densitas 2,685 kg/m<sup>3</sup>, dan titik leburnya pada suhu 6600C, aluminium memiliki *strength to weight ratio* yang lebih tinggi dari baja. Sifat tahan korosi aluminium diperoleh dari terbentuknya

lapisan oksida aluminium dari permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat kuat dan rapat pada permukaan, serta stabil (tidak bereaksi dengan lingkungan sekitarnya) sehingga melindungi bagian dalam.

Unsur- unsur paduan dalam aluminium antara lain:

1. Tembaga (Cu), menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan *elongasi* (pertambahan panjang pangsangan saat ditarik). Kandungan Cu dalam aluminium yang paling optimal adalah antara 4-6%.
2. Zink atau Seng (Zn), menaikkan nilai tensile.
3. Mangan (Mn), menaikkan kekuatan dalam *temperature* tinggi.
4. Magnesium (Mg), menaikkan kekuatan aluminium dan menurunkan nilai *ductility*nya. Ketahanan korosi dan *weldability* juga baik.
5. Silikon (Si), menyebabkan paduan aluminium tersebut bisa diperlakukan panas untuk menaikkan kekerasannya.
6. Lithium (Li), ditambahkan untuk memperbaiki sifat tahan oksidasinya.

Aluminium merupakan logam dengan karakteristik massa jenis yang *relative* rendah ( $2,7 \text{ g/cm}^3$ ), terletak pada golongan IIIA, dan memiliki nomor atom 13, memiliki konduktivitas listrik dan panas yang tinggi dan tahan terhadap serangan korosi di berbagai lingkungan, termasuk di temperatur ruang, memiliki struktur FCC (*face centered cubic*), tetapi memiliki keuletan di kondisi *temperature* rendah serta memiliki *temperature* lebur  $660^\circ\text{C}$ . Aluminium adalah suatu logam yang secara termodinamika adalah logam yang reaktif.

### 2.2.3 Sifat- Sifat Aluminium

Saat ini aluminium berkembang luas dalam banyak aplikasi industri seperti industri otomotif, rumah tangga, maupun elektrik, karena beberapa sifat dari aluminium itu sendiri, yaitu:

#### 1. Ringan (*light in weight*)

Aluminium memiliki sifat ringan, bahkan lebih ringan dari magnesium dengan densitas sekitar 1/3 dari densitas besi. Kekuatan dari paduan aluminium dapat mendekati dari kekuatan baja karbon dengan kekuatan tarik 700 Mpa (100 Ksi). Kombinasi ringan dengan kekuatan yang cukup baik membuat aluminium sering diaplikasikan pada kendaraan bermotor, pesawat terbang, alat-alat konstruksi seperti tangga, *scaffolding*, maupun pada roket.

#### 2. Mudah dalam pembentukannya (*easy fabrication*)

Aluminium merupakan salah satu logam yang mudah untuk dibentuk dan mudah dalam fabrikasi seperti *ekstrusi, forging, bending, rolling, casting, drawing*, dan *machining*. Struktur kristal yang dimiliki aluminium adalah struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*), sehingga aluminium tetap ulet meskipun pada temperatur yang sangat rendah. Bahan aluminium mudah dibentuk menjadi bentuk yang kompleks dan tipis. sekalipun, seperti bingkai jendela, lembaran aluminium foil, rel, *gording*, dan lain sebagainya.

#### 3. Tahan terhadap korosi (*corrosion resistance*)

Aluminium tahan terhadap korosi karena fenomena pasivasi. Pasivasi adalah pembentukan lapisan pelindung akibat reaksi logam terhadap komponen udara sehingga lapisan tersebut melindungi lapisan dalam logam dari korosi. Hal

tersebut dapat terjadi karena permukaan aluminium mampu membentuk lapisan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) bila bereaksi dengan oksigen.

#### 4. Konduktifitas panas tinggi (*high thermal conductivity*)

Konduktifitas panas aluminium tiga kali lebih besar dari besi, maupun dalam pendinginan dan pemanasan. Sehingga aplikasi banyak digunakan pada radiator mobil, koil pada evaporator, alat penukar kalor, alat-alat masak, maupun komponen mesin.

#### 5. Konduktifitas listrik tinggi (*high electrical conductivity*)

Konduktifitas listrik dari aluminium dua kali lebih besar dari pada tembaga dengan perbandingan berat yang sama. Sehingga sangat cocok digunakan dalam kabel transmisi listrik.

#### 6. Tangguh pada temperatur rendah (*high toughness at cryogenic temperature*)

Aluminium tidak menjadi getas pada temperatur rendah hingga  $-100^\circ\text{C}$ , bahkan menjadi lebih keras dan ketangguhan meningkat. Sehingga aluminium dapat digunakan pada material bejana yang beroperasi pada temperatur rendah (*cryogenic vessel*)

#### 7. Tidak beracun (*non toxic*)

Aluminium tidak memiliki sifat racun pada tubuh manusia, sehingga sering digunakan dalam industri makanan seperti kaleng makanan dan minuman, serta pipa-pipa penyalur pada industri makanan dan minuman.

#### 8. Mudah didaur ulang (*recyclability*)

Aluminium mudah untuk didaur ulang, bahkan 30% produksi aluminium di Amerika berasal dari aluminium yang didaur ulang. Pembentukan kembali

aluminium dari material bekas hanya membutuhkan 5% energi dari pemisahan aluminium dari bauksit.

Dengan berbagai keunggulan dari aluminium tersebut, saat ini penggunaan aluminium sangat berkembang pesat terutama pada industri pesawat terbang dan otomotif. Masih banyak pengembangan yang dilakukan sehingga dapat menciptakan paduan aluminium baru yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda.

#### **2.2.4 Aluminium Alloy**

Alumunium merupakan salah satu logam *non ferrous*. Dalam *sector* perindustrian, alumunium dikembangkan dengan begitu pesat. Dan dapat diolah menjadi berbagai macam produk dengan lebih ekonomis. Alumunium merupakan logam ringan dengan berat jenis  $2.643 \text{ g/cm}^3$  dan titik cairnya  $660^\circ \text{ C}$ .

Bauksit adalah salah satu sumber alumunium, dan banyak terdapat di daerah Bintan dan Kalimantan. Bauksit dapat diolah dengan proses bayer untuk mendapatkan alumina yang selanjutnya diolah kembali untuk mendapatkan alumunium. Untuk menghasilkan 500kg alumunium diperlukan 550kg bauksit, 450kg NaOH, 31.5 ton  $\text{H}_2\text{O}$  dan 7.5 ton uap. Bauksit dapat juga diolah menggunakan proses elektrolisa. Untuk 1kg alumunium diperlukan 4kg bauksit, 0.6kg karbon, dan criolit.

Sifat-sifat umum dari alumunium antara lain :

- a. Berat jenis rendah
- b. Konduktor listrik yang baik
- c. Tahan korosi

d. Mudah dituang

Beberapa jenis aluminium alloy :

a. *Wrough Alloy*

Aluminium wrought alloy terdiri dari 2 macam yaitu aluminium *wrought alloy*, yang bisa di *heatreatment* dan aluminium *wrought alloy* yang tidak bisa ditempa.

b. *Casting Alloy*

Aluminium *casting alloy* terdiri dari aluminium *die casting* dan aluminium *permanent casting*.

Beberapa macam aluminium alloy ditinjau dari bahan campurannya, antara lain :

- a. Magnal (terdiri dari campuran aluminium dan magnesium)
- b. Manal (terdiri dari campuran aluminium dan mangan)
- c. Siluminal (terdiri dari campuran aluminium, tembaga dan silicon)
- d. Duraluminium terdiri dari campuran aluminium, tembaga, mangan dan magnesium)

Menurut HES (*Honda Engineering Standart*) terdapat aluminium alloy dengan type HD<sup>2</sup> G<sup>2</sup>. HD<sup>2</sup> G<sup>2</sup> adalah aluminium alloy yang dipergunakan dalam proses *diecasting*. HD<sup>2</sup> G<sup>2</sup> adalah material aluminium alloy yang kuat, dan tahan benturan.

### 2.2.5 Ti-B (titanium boron)

Titanium adalah sebuah unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki simbol Ti. Unsur ini merupakan logam transisi yang ringan, kuat, berkilau, tahan korosi (termasuk tahan terhadap air laut) dengan warna putih-metalik-keperakan.

Titanium ditemukan di Cornwall, Kerajaan Britania Raya pada tahun 1791 oleh William Gregor dan dinamai oleh Martin Heinrich Klaproth dari mitologi Yunani Titan. Elemen ini ada di antara deposit-deposit berbagai mineral, diantaranya rutil dan ilmenit, yang banyak terdapat pada kerak bumi dan litosfer, serta pada hampir semua makhluk hidup, batuan, air, dan tanah. Logam ini diekstrak dari bijih mineralnya melalui proses Kroll atau proses Hunter. Senyawanya yang paling umum, titanium dioksida, adalah fotokatalisator umum dan digunakan dalam pembuatan pigmen putih. Senyawa lainnya adalah titanium tetraklorida ( $\text{TiCl}_4$ ), komponen layar asap dan katalis dan titanium triklorida ( $\text{TiCl}_3$ ).

Titanium dapat digunakan sebagai alloy dengan besi, aluminium, vanadium, untuk memproduksi alloy yang kuat namun ringan untuk penerbangan (mesin jet, misil, dan wahana antariksa), militer, proses industri (kimia dan petrokimia, pabrik desalinasi, pulp, dan kertas), otomotif, agro industri, alat kedokteran, implan ortopedi, peralatan dan instrumen dokter gigi, implan gigi, alat olahraga, perhiasan, telepon genggam, dan masih banyak aplikasi lainnya.

Dua sifat yang paling berguna pada titanium adalah ketahanan korosi dan rasio kekuatan terhadap densitasnya yang paling tinggi di antara semua logam lain. Pada kondisi murni, titanium sama kuat dengan beberapa baja, namun lebih ringan. Ada dua bentuk alotropi dan lima isotop alami dari unsur ini,  $^{46}\text{Ti}$  sampai

50Ti, dengan 48Ti adalah yang paling banyak terdapat di alam (73,8%). Meski memiliki jumlah elektron valensi dan berada pada golongan tabel periodik yang sama dengan zirkonium, keduanya memiliki banyak perbedaan pada sifat kimia dan fisika.

### **2.2.6 Teori Pengecoran**

Pengecoran logam merupakan salah satu ilmu pengetahuan tertua yang dipelajari oleh umat manusia. Ilmu pengecoran logam terus berkembang dengan pesat. Berbagai macam metode pengecoran logam telah ditemukan dan terus disempurnakan, diantaranya adalah *centrifugal casting*, *investment casting*, dan *sand casting* serta masih banyak lagi metode-metode lainnya. Pengecoran adalah membuat komponen dengan cara menuangkan bahan yang dicairkan ke dalam cetakan. Bahan di sini dapat berupa metal maupun non-metal. Untuk mencairkan bahan diperlukan *furnace* (dapur kupola). *Furnace* adalah sebuah dapur atau tempat yang dilengkapi dengan heater (pemanas). Bahan padat dicairkan sampai suhu titik cair dan dapat ditambahkan campuran bahan seperti chrome, silikon, titanium, Aluminium dan lain-lain agar bahan menjadi lebih baik.

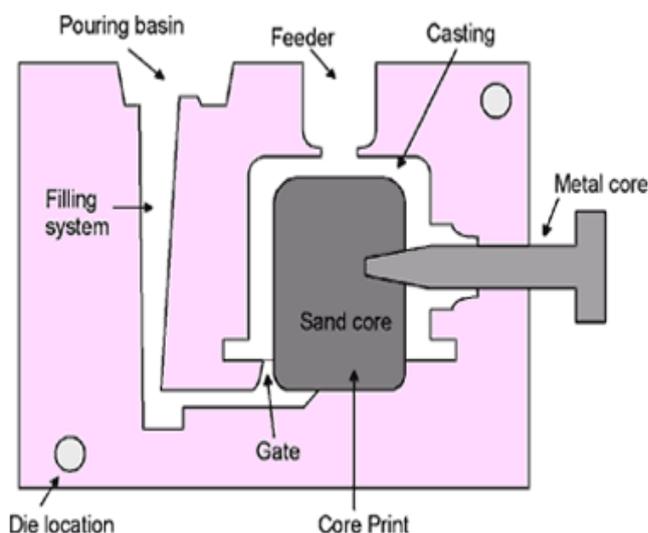
Aplikasi dari proses pengecoran sangat banyak salah satunya dapat ditemukan dalam pembuatan komponen permesinan. Proses pengecoran dilakukan melalui beberapa tahap mulai dari pembuatan cetakan, persiapan dan peleburan logam, penuangan logam cair ke dalam cetakan, pembersihan coran dan proses daur ulang pasir cetakan. Hasil pengecoran disebut dengan coran atau benda cor. Proses pengecoran bisa dibedakan atas 2 yaitu proses pengecoran dan proses pencetakan. Proses pengecoran tidak menggunakan tekanan sewaktu mengisi rongga cetakan sedangkan proses pencetakan adalah logam cair ditekan agar

mengisi rongga cetakan. Cetakan untuk kedua proses ini berbeda dimana proses pengecoran cetakan biasanya dibuat dari pasir sedangkan proses pencetakan, cetakannya dibuat dari logam.

### 2.2.7 Metode Gravity

Teknik *gravity casting* merupakan teknik pengecoran yang paling tua. Metal cair dituangkan pada rongga cetakan yang terbuat dari pasir, besi cor, atau paduan baja tahan panas lainnya. Proses ini hanya memanfaatkan gaya gravitasi saja, tanpa mengaplikasikan gaya tekan mekanis.

Metal cair mengalir ke dalam cetakan dan membeku dengan cepat selama proses pengecoran berlangsung. Hasil pengecoran dengan sistem ini memiliki permukaan yang halus dan dimensi yang cukup akurat; selain juga memiliki sifat mekanis dan ketahanan tekan yang sangat baik. Tidak seperti pada cetakan pasir, cetakan baja dapat digunakan berkali-kali. Kelemahannya, proses pembuatan cetakannya cukup mahal.



Gambar 2.2 Gravity Die Casting (gatonbrass, 2017)

### 2.2.8 Cetakan Pasir (*sand Casting*)

Buku pertama yang menggambarkan proses *sand casting* (Schedula Diversarum Artium) ditulis sekitar tahun 1100 Masehi oleh *Theophilus Presbyter*, seorang biarawan yang menggambarkan proses manufaktur, termasuk resep untuk ukiran. *Sand casting* digunakan dalam industri penerbangan dan pembangkit listrik untuk memproduksi bilah turbin dengan bentuk yang kompleks atau sistem pendingin. *Sand casting* juga banyak digunakan oleh produsen senjata api untuk rumah peluru, pelatuk, dan bagian presisi lainnya dengan biaya rendah. Industri lain yang menggunakan bagian standar *sand casting* termasuk militer, kesehatan, komersial dan otomotif.

Keuntungan pengecoran *Sand casting*:

1. Sangat tepat untuk mengecor benda-benda dalam jumlah kecil
2. Tidak memerlukan pemesinan lagi
3. Menghemat bahan coran
4. Permukaan mulus
5. Tidak diperlukan pembuatan pola belahan kayu yang rumit
6. Tidak diperlukan inti atau kotak inti
7. Pengecoran jauh lebih sederhana

Kerugian pengecoran *Sand casting*:

1. Pola rusak sewaktu dilakukan pengecoran
2. Pola lebih mudah rusak, oleh karena itu memerlukan penanganan yang lebih sederhana.
3. Pada pembuatan pola tidak dapat digunakan mesin mekanik

4. Tidak ada kemungkinan untuk memeriksa keadaan rongga cetakan

### **2.2.9 Uji Komposisi Kimia**

Uji komposisi dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam bahan spesimen atau persentase dari tiap unsur pembentukan bahan spesimen misalnya Al.- Si dan unsur lainnya. Langkah pengujian komposisi adalah sebagai berikut :

1. Potong spesimen terlebih dahulu minimal 15mm
2. Bersihkan permukaannya dengan dibubut muka terlebih dahulu sampai halus dan rata
3. Spesimen diletakan pada tempat yang telah disediakan
4. Leburkan spesimen
5. Alat uji komposisi akan menangkap warna cahaya hasil dari proses rekritisasi dan diteruskan kedalam program computer untuk dicatat hasilnya.



Gambar 2.3 *Spectrometer*

(sumber : <http://polmanceper.ac.id/pelayanan-pengujian/?lang=id>)

#### **2.2.10 Uji Struktur Mikro**

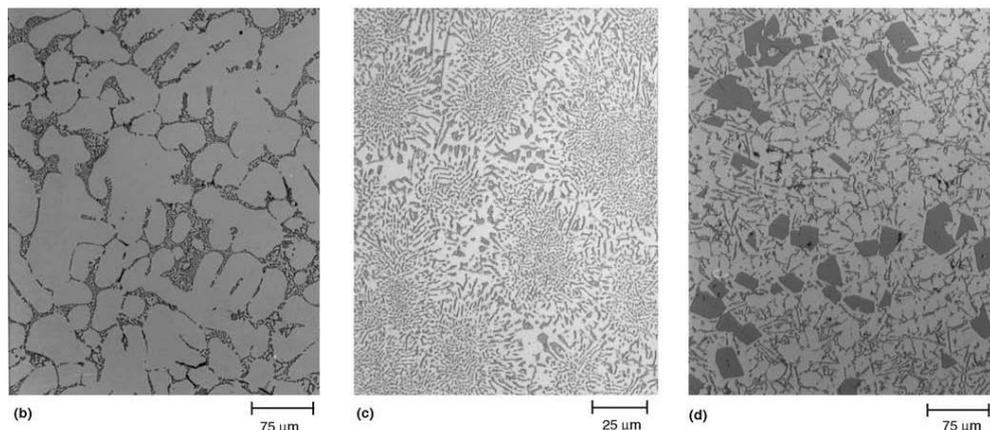
Sifat-sifat fisis dan mekanik dari material tergantung dari struktur mikro material tersebut. Struktur mikro dalam logam (paduan) di tunjukkan dengan besar, bentuk dan orientasi butirannya, jumlah fasa, proporsi dan kelakuan dimana mereka tersusun atau terdistribusi. Struktur mikro dari paduan tergantung dari beberapa faktor seperti, elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan. Pengujian struktur mikro atau mikrografi dilakukan dengan bantuan mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi.

Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur mikro adalah:

- a. Pemotongan (*Sectioning*)

- b. Pengamplasan (*Grinding*)
- c. Pemolesan (*Polishing*)
- d. Etsa (*Etching*)
- e. Pemotretan.

Untuk mengetahui struktur mikro dari suatu logam pada umumnya pengujian dilakukan dengan refleksi pemendaran (sinar), pada pemolesan atau etsa, tergantung pada permukaan logam uji polis, dan diperiksa langsung di bawah mikroskop atau dietsa lebih dulu, baru diperiksa di bawah mikroskop.



Gambar 2.4 Struktur mikro paduan Al-Si (a) Struktur mikro paduan hypoeutectic (1.65-12.6 % Si). 150X. (b) Struktur mikro paduan eutectic (12.6% Si). 400X. (c) Struktur mikro paduan hypereutectic (>12.6% Si). 150X (ASM International, 2004)

### 2.2.11 Uji Kekerasan

Konsep umum tentang kekerasan sebagai penentu kualitas suatu bahan mempunyai kaitan erat dengan kekakuan dan kekompakan permukaan suatu material. Ada banyak metode yang dikembangkan dalam menentukan harga kekerasan ini. Sehingga arti fisik dari kekerasan tidak mudah dipahami bersama.

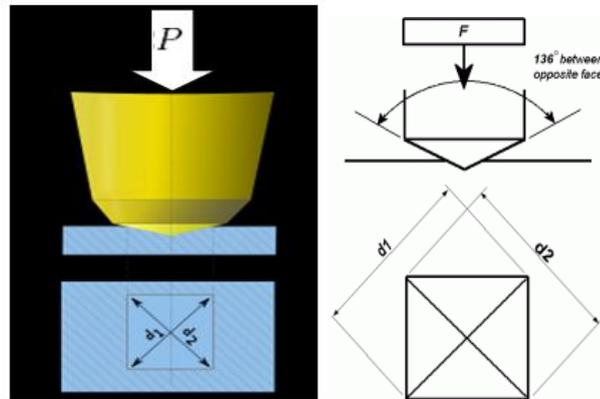
Pengertian tentang kekerasan ini bergantung pada pengalaman dan profesi setiap orang. Metode umum pengujian kekerasan ada tiga jenis yaitu ; Scracht, Indentor dan Dynamic. Konsep yang dipakai pada pengujian ini adalah metode indentor, yaitu pengujian kekerasan dengan menggunakan Indentor, pengujian pada percobaan ini dibagi tiga jenis; Brinell, Vicker dan Rockwell.

Uji kekerasan vickers menggunakan indentor piramida intan, besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136 derajat. Ada dua rentang kekuatan yang berbeda, yaitu micro (10g – 1000g) dan macro (1kg – 100kg).

Cara/metode pengujian Vickers :

- a. persiapkan alat dan bahan pengujian
  1. mesin uji kekerasan Vickers (Vickers Hardness Test)
  2. indentor piramida intan (diamond pyramid)
  3. benda uji yang sudah di gerinda
  4. amplas halus
  5. stop watch
  6. mikroskop pengukur (biasanya satu set dengan alatnya)
- b. indentor di tekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu. (rentang micro 10g – 1000g dan rentang macro 1kg – 100kg)
- c. tunggu hingga 10 – 20 detik (biasanya 15 detik)
- d. bebaskan gaya dan lepaskan indentor dari benda uji
- e. ukur 2 diagonal lekukan persegi (belah ketupat) yang terjadi menggunakan mikroskop pengukur. (ukur dengan teliti dan cari rata-ratanya)

f. masukkan data-data tersebut ke rumus



Gambar 2.5 Rumus perhitungan metode vickers (Lio Chika, 2017)

Rumus penghitungan pengujian metoda Vickers:

$$HVN = \frac{2F \sin \theta}{d^2} = \frac{1,8554 F}{d^2}$$

Dimana :VHN = Vickers Hardness Number

P = Beban yang diberikan (kgf)

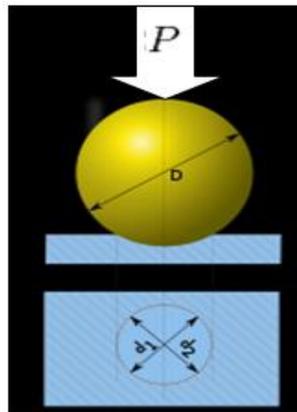
d = Panjang diagonal rata-rata hasil indentasi

Uji kekerasan brinell berupa pembentukan lekukan pada permukaan logam menggunakan indenter. Indenter untuk brinell berbentuk bola dengan diameter 10mm, diameter 5mm, diameter 2,5mm, dan diameter 1mm, itu semua adalah diameter bola standar internasional. Bola brinell yang standar internasional tersebut ada 2 bahan pembuatannya. Ada yang terbuat dari baja yang di keraskan/dilapis chrom, dan ada juga yang terbuat dari tungsten carbide. Tungsten

carbide lebih keras dari baja, jadi tungsten carbide biasanya dipakai untuk pengujian benda yang keras yang dikhawatirkan akan merusak bola baja.

Cara/metode pengujian Brinell :

- a. persiapkan alat dan bahan pengujian :
  1. mesin uji kekerasan Brinell (Brinell Hardness Test)
  2. indentor bola (bola baja atau bola carbide)
  3. benda uji yang sudah di gerinda
  4. amplas halus stop watch f. mikroskop pengukur
- b. indentor di tekankan ke benda uji/material dengan gaya tertentu. (untuk base ferro biasanya menggunakan 3000 kgf)
- c. tunggu hingga 10 – 30 detik (biasanya 20 detik)
- d. bebaskan gaya dan lepaskan indentor dari benda uji
- e. ukur diameter lekukan yang terjadi menggunakan mikroskop pengukur. (ukur beberapa kali di beberapa tempat dan posisi dan ambil nilai pengukuran yang paling besar)
- f. masukkan data-data tersebut ke rumus



Gambar 2.6 Rumus perhitungan metode brinell (Lio Chika, 2017)

$$\text{BHN} = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana :BHN = Brinell Hardness Number

P = Beban yang diberikan (kgf)

D = Diameter indentor (mm)

$d$  = Diameter lekukan rata-rata hasil indentasi

rumus untuk mencari beban yang sesuai.

$$P = C \times D^2$$

Dimana:  $P$  = Beban yang diberikan

$C$  = Konstanta bahan yang akan di uji ( jika bahannya base ferro maka konstantanya 30)

$D$  = Diameter indenter

Pengujian rockwell menggunakan indenter bola baja diameter standar (diameter 10mm, diameter 5mm, diameter 2.5mm, dan diameter 1mm) dan indenter kerucut intan. pengujian ini tidak membutuhkan kemampuan khusus karena hasil pengukuran dapat terbaca langsung. tidak seperti metoda pengujian Brinell dan Vickers yang harus dihitung menggunakan rumus terlebih dahulu. Pengujian ini menggunakan 2 beban, yaitu beban minor/minor load ( $F_0$ ) = 10 kgf dan beban mayor/mayor load ( $F_1$ ) = 60kgf sampai dengan 150kgf tergantung material yang akan di uji dan tergantung menu rockwell yang dipilih (ada HRC, HRB, HRG, HRD,dll).

Pengujian ini menggunakan 2 beban, yaitu beban minor/minor load ( $F_0$ ) = 10 kgf dan beban mayor/mayor load ( $F_1$ ) = 60kgf sampai dengan 150kgf tergantung material yang akan di uji dan tergantung menu rockwell yang dipilih (ada HRC, HRB, HRG, HRD, dll) . HRC menggunakan indenter kerucut intan dan beban 150kgf. ini dimaksudkan untuk mencegah rusaknya indenter karena kalah keras dibandingkan material yang di uji. seperti yang kita tahu bahwa intan adalah logam paling keras saat ini. beban minor sebesar 10kgf diberikan dengan tujuan untuk menyamaratakan semua permukaan benda uji. dengan adanya sedikit

penekanan tersebut membuat material yang akan di uji tidak perlu di persiapkan sehalus dan semengkilap mungkin, cukup bersih dan tidak berkarat. perbedaan kedalaman hasil indentasi berdampak pada tingkat kekerasan material. semakin dalam indentasi semakin lunak material yang kita uji.